第40卷 第12期
2023年12月

干 旱 区 研 究
ARID ZONE RESEARCH

Vol. 40 No. 12
Dec. 2023

民勤西沙窝沙区不同演替阶段植被变化特征研究

满多清[1]， 李得禄[1]， 刘明成[2]， 张德魁[1]， 唐进年[1]，
陈 芳[1]， 付贵全[1]， 杨雪梅[1]， 丁 峰[1]

（1. 甘肃省治沙研究所，甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站，甘肃省沙生植物工程技术研究中心，甘肃 兰州 730070； 2. 国家林业和草原局甘肃濒危动物保护中心，甘肃 武威 733000）

摘 要： 通过对60 a来民勤西沙窝沙区生态植被观测研究，在地下水位持续下降过程中，植被演替主要经历了4个阶段：退化草甸、柽柳群系阶段；柽柳群系、白刺群系阶段；白刺群系、退化柽柳群系阶段及白刺群系阶段，是植物多样性持续降低、植被覆盖度显著下降、生态严重退化与沙漠化快速发展的过程；随着雨养面积不断扩大，降水量较大的年份，沙旱生草本植物增长，其物种多样性与植被覆盖度增加，降水量小的年份则反之；沙旱生灌木植被相对稳定，年降水量超过140 mm，促进灌木植物种群生长发育，100~140 mm维持生长，低于100 mm趋于退化；多数人工固沙造林树种已退化和衰亡，梭梭作为外来树种生态适应性强，已发展为民勤沙区最大的人工固沙林，造林密度大、干旱是梭梭林退化的主要原因，按植被承载量，低密度造林后可持续性增强；近年来，随着流域综合治理，统筹用水，民勤生态用水供给增加，局部区域地下水位有所上升，形成了一些微域性湿地，过去的草甸植被重现，生态正向发展，而多数沙区的地下水位下降也在减缓，荒漠化仍在发展。

关键词： 民勤；西沙窝沙区；植被；演替；变化特征

石羊河流域中、下游的民勤县从2000多年前以河流、湖泊、沼泽、草甸草原为主的生态景观[1-2]，演变成现在90%的荒漠，仅10%的绿洲，生态环境发生了显著变化，其大部分植被也从水生、沼泽、草甸、中生演变成沙生、沙旱生、旱生和强、超旱生植物，生物多样性显著降低[1-6]。造成植被演化、荒漠化发展的原因是多方面的，其中，第四纪以来，青藏高原隆升引起的气候变化为主要原因，历史上虽然有多个干、湿交替时期，但总体为干旱化发展趋势[1-4,7-8]；特别是近60 a来，随着人口增加，流域绿洲持续扩展，用水增加，流入中、下游的水量大幅减少，河流、湖泊、湿地相继萎缩和干涸，地下水位持续下降，干旱加强，植被覆盖度下降，沙漠化加剧发展的过程，民勤已演变为我国内陆河流域荒漠化发展最为典型的地区之一[1-2,7-11]。60 a来，有关石羊河流域中、下游荒漠区水文、生态环境变化，植被与沙漠化等做了大量研究[1-11]，对其沙漠化过程中的区域性植被变化；地下水位下降与荒漠区主要草、灌植物种群退化的相关性及其阈值；荒漠植物种群繁殖、发育、衰退与土壤水分关系；灌丛沙堆衰退与土壤水分关系及环境指示意义；柽柳、白刺等灌丛沙包的“肥岛”效应；荒漠植物种群、群落生境因子变化与生态适应性等方面进行了研究[2-4,6-10,11-20]，但对民勤沙区60 a来不同演替阶段植被变化特征研究较少[6-7]。本文通过对民勤西沙窝沙区水文生态过程中不同演替阶段的生态植被变化特征进行研究，揭示石羊河流域中、下游典型荒漠区生态植被演替规律，进一步理解相似生境下，内陆河流域中、下游生态环境变化下的植被演替趋势。

1 研究区概况

民勤西沙窝位于现代民勤绿洲西部，是汉、唐古绿洲沙化，绿洲逐渐东移后自然演化到今天的沙漠化地带，范围从民勤西南部的沙井子，中部的连

收稿日期： 2023-03-29； **修订日期：** 2023-07-06
基金项目： 国家自然科学基金项目（32260426）；国家重点研发项目（2020YFA0608401）；省级重点人才项目（甘组通字[2023]20号）
作者简介： 满多清（1966-），男，博士，研究员，主要从事荒漠生态与荒漠化防治研究. E-mail: mandq318@126.com
通讯作者： 刘明成. E-mail: liumczhisha@126.com

城、古城一直延伸到东北的青土湖地区(图1),总面积约800~1000 km²[2]。区域内海拔由1400 m降至1290 m;年均气温7.6 ℃;降水稀少,气候干燥,年均降水量110 mm,且降水主要集中在夏、秋季;年均蒸发量2643.9 mm,年均空气相对湿度51%,干燥度5.3,无霜期17.5 d;主导风向为NW和WNW,多年平均大风日数26.3 d,沙尘暴25 d,扬沙37.5 d,浮尘29.7 d,年平均风速2.4 m·s⁻¹,起沙风速4.5 m·s⁻¹。土壤以风沙土、灰棕漠土、棕漠土、绿洲灌淤土、荒漠化盐土和荒漠化潜育盐土。自然植被稀疏,以沙旱生荒漠植物为主,有唐古特白刺(*Nitraria tangutorum*)、多枝柽柳(*Tamarix ramosissima*)、泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)、蒙古沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)、盐爪爪(*Kalidium foliatum*)、沙蒿(*Artemisia sphaerocephalla*)、红砂(*Reamuria soongorica*)、猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)、骆驼刺(*Alhagi maurorum*)、沙米(*Agriophyllum pungens*)、白茎盐生草(*Halogeton glomeratus*)、五星蒿(*Bassia dasyphylla*)、骆驼蒿(*Peganum nigellastrum*)、刺沙蓬(*Salsola ruthenica*)、蒙古虫实(*Corispermumhepta mongolicum*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)、沙蓝刺头(*Echinops gmelini*)、猪毛菜(*Salsola collina*)、黄花矶松(*Limonium aureum*)、驼蹄瓣(*Zygophyllum fabago*)、沙生针茅(*Stipa glareosa*)、芦苇(*Phragmites communis*)、赖草(*Leymus secalinus*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、香蒲(*Typha orientalis*)、西伯利亚蓼(*Polygonum sibiricum*)、甜甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)、大花罗布麻(*Poacynum hendersonii*)、骆驼蓬(*Peganum harmala*)等植物种。60 a来,随水文与生态变化,植被演替与覆盖度持续下降,沙漠化加强。

2 研究方法

2.1 研究区选择

选择民勤绿洲西部西沙窝沙区的西南部沙井子沙区(A)、中部连城、古城沙区(B),以及东北部的青土湖沙区(C)作为不同阶段沙区植被演替的研究区域(图1)。

2.2 荒漠植被变化长期监测

民勤治沙综合试验站地处沙井子沙区,自1959年成立后长期致力于民勤沙区生态定位监测与定期不定期沙区生态变化调查,有详细的记录资料。其中,西沙窝沙区A、B、C区域范围内,对代表性植物群落进行了长期的植物种类、数量、高度、冠幅、覆盖度等生长发育指标的定位观测;研究区多个固定观测井监测地下水位变化;民勤治沙站的标准气象站记录了1961年以来的气象数据等,利用上述记录资料并参考有关文献进行60 a来西沙窝沙区生态环境与植被变化对比分析,了解其植被演替过程。

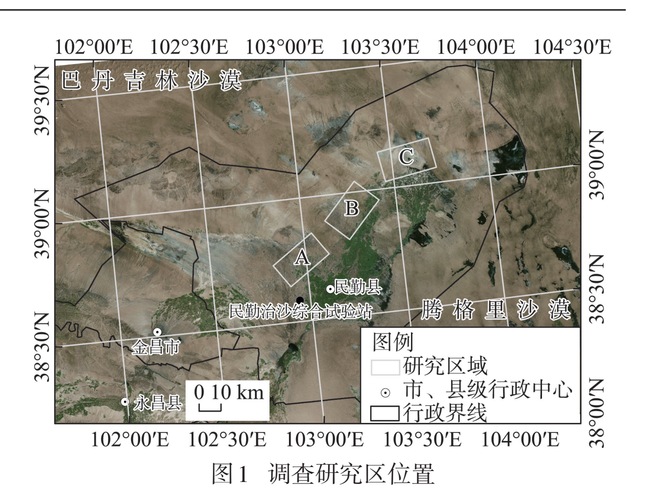


图1 调查研究区位置

Fig. 1 The investigation research sites

2.3 植物群落现状调查

在民勤西沙窝各研究区的代表性植物群落样地样方内测定植物生长发育指标,掌握当前植被变化现状情况。

3 结果与分析

3.1 地下水位变化过程中西沙窝沙区植被变化特征

60 a来,随着民勤现代绿洲不断扩展与东移,农业用水大幅增加,西沙窝地区河、湖干涸消失,地下水位持续下降,沙漠化发展,特别是20世纪70年代以来,民勤绿洲内10166眼机井抽取地下水灌溉,民勤盆地地下水位从1~3 m下降到10~30 m,荒漠植被逐渐衰退,大量物种消失,经历了退化草甸植被向极旱荒漠植被的演替,植被覆盖度持续下降,沙漠化重度发展,生态植被不断演替的过程[6-7,9]。

3.1.1 地下水位下降过程中沙井子沙区植被变化特征 1950—1960年代,沙井子沙区地下水位1~3 m,丘间地有大量芦苇、拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、赖草、芨芨草、罗布麻、甜甘草、马蔺(*Iris lac-*

tec)、刺儿菜(*Cirsium setosum*)、柽柳、盐爪爪等草甸植物；沙包上布满柽柳、白刺；覆沙地生长着沙米、猪毛菜、黄花矶松、绵蓬(*Bassia dasyphylla*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、披针叶黄花(*Thermopsis schischkinii*)、蓼子朴(*Inula salsoloides*)、牛皮消(*Cynanchum sibiricum*)、胖姑娘(*Karelinia caspia*)等植物[7,9]；随着地下水位下降，干旱加剧，草甸植被随降水而波动性生长，并逐渐退化，多数灌木植物靠地下水维持生长[6-7,9,12]（表1）。1970—1980年代，随着地下水位继续下降，草甸植物仅剩稀疏或零星生长的芦苇、赖草、芨芨草、马蔺等，其他植物已基本消失，沙生、沙旱生草本植物随降水而发育；浅根系小灌木像盐爪爪、骆驼刺、猫头刺、沙蒿、黑果枸杞等现已衰退，前期柽柳正常生长，后期大面积衰退，白刺正常生长且种群快速扩展，逐渐代替了柽柳种群，此阶段柽柳、白刺灌丛沙包相间分布，植被覆盖度下降[6-7,9,12-15]。1990—2000年代，地下水位已下降至10 m以下，大多数灌木植物种群已衰退，沙区的柽柳基本消失，仅存于绿洲边缘、河、湖岸边等地下水位较高的地区，白刺沙包遍布，泡泡刺沙包分布期间，后期一些白刺明显退化，出现叶小、量少、不结果等现象，个别白刺沙包活化[15-22]；膜果麻黄、红砂、泡泡刺小群系植物群落有扩展趋势，沙蒿、沙拐枣、霸王等随降水而波动性生长；雨养性沙生、沙旱生草本植物生长繁衍[6-7,9]。2010年至今，植被类型基本相似，白刺种群已发展成为沙区最大种群，白刺沙包活化增加，泡泡刺、膜果麻黄、红砂、霸王种群局部扩展（表1、表2）。

3.1.2 地下水位下降过程中连城、古城沙区植被变化特征　60 a来，连城、古城与沙井子地区的生境和植被演替相似，地下水位下降过程稍有滞后，其不同阶段植被演替也很相近（表3）。主要经历了退化芦苇+禾本科草本+柽柳灌丛草甸植被阶段，其草本植物占优势，较多的柽柳灌丛及其沙包分布其中；柽柳群系+白刺群系+盐爪爪群系植被阶段，区域内遍布柽柳、白刺灌丛沙包，有柽柳+白刺群丛，柽柳+白刺+沙蒿群丛，柽柳+盐爪爪+黑果枸杞群丛，白刺+柽柳+红砂群丛，大多数草甸植物退出，沙旱生雨养草本植被发育；白刺群系+退化柽柳群系植被阶段，有白刺+柽柳群丛，白刺+沙蒿群丛，白刺+沙蒿+红砂群丛等；白刺群系+红砂群系植被阶段，有白刺+沙蒿群丛、红砂+白刺群丛等，形成以白刺灌丛沙包为主的风沙地貌，此阶段柽柳群丛，柽柳+白刺群丛仅存在于绿洲边缘与地下水位较高的河、湖

表1　60 a来沙井子沙区不同阶段植被变化特征

Tab. 1　Vegetation change characteristic of different stages of 60 a in Shajingzi desert area

年代	地下水位/m	主要灌木植被类型	主要草本植被类型	植被盖度/%
1950—1960s	1~3	① 柽柳群系：与芦苇、芨芨草、盐爪爪、黑果枸杞、胖姑娘、沙蒿、白刺等一至几个建群种形成群丛；② 白刺群系：与芦苇、柽柳、沙蒿等建群种形成群丛；③ 盐爪爪、柽柳群系：与芦苇、芨芨草、红砂、柽柳、胖姑娘、白刺等形成群丛。还有膜果麻黄、沙拐枣、霸王、猫头刺、骆驼刺等小群系灌木群丛	① 芦苇群系：与赖草、拂子茅、刺儿菜、骆驼蓬等1~3个建群种形成群丛；② 芨芨草群系：与芦苇、盐爪爪、白刺等形成群丛；③ 赖草群系：与拂子茅、芦苇、甜甘草、柽柳等形成群丛；④ 马蔺群系：与白刺、芨芨草等形成群丛。群丛中多一至多年生中生、沙生草本植物	25~45
1970—1980s	2.93~9.54	① 柽柳群系：与白刺、沙蒿、黑果枸杞等建群种形成群丛；② 白刺群系：与柽柳、沙蒿形成群丛；③ 红砂、盐爪爪群系：与白刺、柽柳等1~3种形成群丛。还有泡泡刺、膜果麻黄、沙拐枣、霸王、猫头刺、骆驼刺等小群系灌木群丛	芦苇群系、沙生针茅群丛、黄花矶松群丛，以及一至多年生沙旱生草本植物。雨养沙旱生草本为主	15~30
1990—2000s	10.11~22.34	① 白刺群系：与沙蒿、泡泡刺建群种形成群丛；② 红砂群系：与白刺等1~3种形成群丛。③ 柽柳群系：仅在绿洲边缘与白刺形成群丛。本区还有膜果麻黄、沙拐枣、霸王、黑果枸杞等小群系灌木群丛	黄花矶松、沙生针茅、芦苇等群丛，以及一至多年生沙旱生草本植物	10~25
2010年至今	22.55~23.10	① 白刺群系：与沙蒿、泡泡刺等形成群丛；② 红砂群系：与白刺、沙蒿等形成群丛；③ 柽柳群系：仅存于绿洲边缘与白刺形成群丛。本区还有膜果麻黄、沙拐枣、霸王等小群系灌木群丛[1-20]	黄花矶松、沙生针茅、芦苇等群丛，以及一至多年生沙旱生草本植物	5~20

注：资料来源于民勤西沙窝沙井子沙区长期生态定位观测资料、文献与2021年实地调查现状数据。

表2 沙井子沙区典型荒漠植物群落结构变化

Tab. 2 Structure change of plant community in Shajingzi typical desert area

植物种	1961年			1981年			2021年		
	平均高度/cm	分盖度/%	多度	平均高度/cm	分盖度/%	多度	平均高度/cm	分盖度/%	多度
柽柳 *Tamarix ramosissima*	200	10	多	169	6	较多	152.3	<1	少
白刺 *Nitraria tangutorum*	30	<1	少	25	10	多	22	8	多
盐爪爪 *Kalidium foliatum*	30	6	多	15	0.1	少			很少
黑果枸杞 *Lycium ruthenicum*	25	0.2	少	16	0.1	很少			
沙蒿 *Artemisia sphaerocephalla*	30	<1	少	30	2	少	25	<2	少
红砂 *Reamuria soongorica*				20	0.5	少	26	2	较多
芦苇 *Phragmites communis*	24	11	多	18	3	较少	13	<1	很少
赖草 *Leymus secalinus*	16	5	多	8.7	<1	很少			
芨芨草 *Achnatherum splendens*	28	4	较多	16.5	0.1	很少			
甜甘草 *Glycyrrhiza uralensis*	30	3	较多	20	0.1	很少			
胖姑娘 *Karelinia caspica*	30	2	少						
罗布麻 *Poacynum hendersonii*	40	1	少						
黄花矶松 *Limonium aureum*				21	0.2	少	20	1	较多
沙米 *Agriophyllum pungens*				18	0.5	较多	18	0.4	较多
五星蒿 *Bassia dasyphylla*				10	0.1	较多	8	0.3	较多
白茎盐生草 *Halogeton glomeratus*				13	0.1	少	13	0.1	少
画眉草 *Eragrostis pilosa*				4		很少	4	0.1	很少
苦豆子 *Sophora alopecuroides*	20	0.2	少	15		很少			
蒙古虫实 *Corispermumhepta mongolicum*	15		很少	16	0.2	少	16	0.2	少
猪毛菜 *Salsola collina*	20		很少	20	0.1	少	18	0.1	少
盖度合计 *coverage total* /%		43.5			24.2			14.3	

注：1961年、1981年数据来源于沙井子沙区观测记录与文献，2021年数据为实地观测。

周围[2,4,6–7,12]。另外，区域内各阶段均分布有沙蒿、沙拐枣、霸王、黑果枸杞、黄花矶松、芦苇、沙生针茅、沙葱等小群系，以及1年生沙生、沙旱生雨养草本植物生长发育。

3.1.3 地下水位波动变化过程中青土湖区植被变化特征 西汉时期民勤县境内有水域面积4000 km^2，隋唐时期1300 km^2，到明清时期的尾闾湖称青土湖，水域面积400 km^2，解放初期，青土湖水域仍有70 km^2，至1959年完全干涸，水域、湿地消失，水干沙起，并伴随着地下水位不断下降，植被严重退化，而巴丹吉林和腾格里两大沙漠向青土湖地区合围，成为民勤北部最大的风沙口，沙漠化严重[1–2,7]。青土湖从2010年开始人工生态补水，到目前已形成25.16 km^{2}水域和106 km^{2}地下水位在0~3 m的湿地，水域、湿地植被逐渐恢复，水进沙退，区域内生态环境显著改善[23–25]。

60 a来青土湖区不同阶段主要植被变化特征为：1950—1970年代，前期有一定面积水域，地下水位0~3 m，以芦苇与禾本科草甸植被为主，多柽柳灌丛及其沙包分布其间，盐渍化较重的区域有盐爪爪单优群落，生长较好，随着水域消失，地表干旱加剧，草甸植被逐渐退化，变得矮小、稀疏化，草层变薄，一些区域沙化，沙生、沙旱生、盐生草本和灌木入侵，柽柳、白刺灌丛沙包发育。1980—1990年代，青土湖中心区地下水位已下降到4~7 m及以下，向外延伸更深，地表普遍沙漠化，大多数草甸植被消失，形成以柽柳、白刺灌丛沙包为主，沙旱生、盐生植物发育，草甸植物仅剩耐旱的芦苇、赖草等稀疏

表3 连城、古城沙区天然沙区植被调查(2019年7—9月)

Tab. 3 A natural desert plant investigation in Liancheng and Gucheng area (7-9, 2019)

编号	调查区地理位置	荒漠植物种类	植被盖度/%	地形地貌特征
1	103.23°E,38.94°N	主要为白刺群系植物。有白刺、黑果枸杞、沙蒿、红砂、沙米、五星蒿、白茎盐生草、芦苇、苦豆子、黄松矶松、臭蒿、披针叶黄花、骆驼蓬、刺蓬、沙蓝刺头、斧翅沙芥	9~20	平缓沙地、沙包及流沙地
2	103.28°E,38.92°N	主要为白刺群系、退化柽柳群系植物。有白刺、黑果枸杞、柽柳、蒙古沙拐枣、红砂、盐爪爪、泡泡刺、芦苇、沙米、五星蒿、白茎盐生草、臭蒿、刺蓬、棉蓬、苦豆子、黄花矶松、沙蓝刺头、斧翅沙芥	10~25	多沙包沙地,平缓沙地及流沙地
3	103.15°E,38.81°N	主要为白刺群系、红砂群系植物。有白刺、红砂、沙蒿、蒙古沙拐枣、柽柳、毛条锦鸡儿、芦苇、沙米、白茎盐生草、五星蒿、刺蓬、棉蓬、沙生针茅、黄芪、沙蓝刺头、斧翅沙芥	7~22	沙地、沙包及流沙地相间分布
4	103.18°E,38.78°N	主要为白刺群系、红砂群系植物。白刺、红砂、沙拐枣、沙蒿、柽柳、芦苇、沙米、五星蒿、沙生针茅、黄花矶松、斧翅沙芥、白茎盐生草、棉蓬、刺蓬、灰蒿、沙蓝刺头	9~25	多沙包沙地,平缓沙地、流沙地及山岗丘陵等
5	103.25°E,38.85°N	主要为白刺群系、红砂群系植物。有白刺、红砂、沙蒿、沙拐枣、霸王、柽柳、绵刺、盐爪爪、沙米、五星蒿、芦苇、白茎盐生草、棉蓬、黄花矶松、刺蓬、沙蓝刺头	5~20	沙包、沙地、流沙地及弃耕地等

和零星生长,盐爪爪群落严重退化,后期柽柳沙包开始衰退,白刺种群及其沙包扩展,植被覆盖度显著下降,风沙活动加强,灌丛沙包风沙地貌形成,生态环境快速逆向演替。2000—2010年,随着地下水位持续下降,柽柳灌丛沙包退化和消失,白刺沙包广布,沙旱生、强旱生雨养草本植被生长发育,植被覆盖度继续下降,已形成白刺沙包广布、稀疏柽柳沙包与一定间距的沙丘链为主的风沙地貌[1-2,6-7,20]。2010年以来,青土湖生态补水后的水域与湿地区,形成了以密集芦苇种群为主,草甸植物种类增加,植物多样性逐步恢复,沙旱生植物退出,边缘区柽柳灌丛、盐爪爪群落的湿地、草甸植物景观,湿地内沙漠化完全逆转,形成生态环境正向发展的趋势[23-26](表4)。

3.2 降水波动对沙区植被变化的影响

3.2.1 年内降水对植被季节性变化的影响 经样方观测表明:民勤西沙窝沙区每年3月底至4月初土壤解冻后沙地水分向地面上升,植被开始返青,一年生草本植物爆发式出苗生长,多年生草、灌植物萌发生长,月底新梢长度达3~9 cm,4—5月沙层土壤水分较好,气温适宜,草、灌植被快速生长,植被覆盖度明显增加。但是,随着气温快速上升,旱季降水稀少(图2),干旱加剧,蒸发蒸腾加强,土壤水分下降,5月中、下旬至6月,大量的当年生草本植物因干旱而死亡,多年生草、灌植物长势降低,部分枝梢枯萎,植被覆盖度下降。7—9月为雨季,降水明显增加,温度适宜,一年生草本植物再次爆发式出苗,生境适宜,快速生长,生物量增加,多年生草、灌植被继续生长,相对稳定,植被覆盖度持续增加,到9月底植物种类和植被盖度达到最大,之后气温降低,植被枯萎落叶和死亡,进入冬季后,植被盖度下降到最低。一年生草本植物是季节性植被,随降水多少而波动性变化,降雨量大的年份草本植物种类

表4 60 a来青土湖区植被与地貌变化

Tab. 4 Vegetation and topography change of 60 a in Qingtu Lake area

年代	建群种	伴生种	植被类型	地貌类型	植被盖度/%
1950—1970s	芦苇+禾本科草甸植物、柽柳、盐爪爪	罗布麻、西伯利亚蓼、骆驼蓬、甘草、白刺、黑果枸杞、沙蒿及沙生草本(盐生草、沙米、五星蒿、骆驼蒿、蒙古虫实)等	草甸植被	地表渐干旱沙化的平缓草甸草原	25~80
1980—1990s	柽柳、白刺、盐爪爪	芦苇、赖草、沙蒿、黑果枸杞及沙旱生草本植物(盐生草、沙米、五星蒿、驼蹄瓣、砂蓝刺头、刺沙蓬等)	荒漠植被	灌丛沙包风沙地貌	20~45
2000—2010s	白刺	芦苇、沙生针茅、沙蒿、黑果枸杞、红砂、盐爪爪、猫头刺、退化柽柳沙包及沙旱生草本植物(沙米、盐生草、猪毛菜、五星蒿、刺沙蓬、砂蓝刺头)等	干旱荒漠植被	白刺灌丛沙包和沙丘链风沙地貌[1-20]	10~20
2010年至今(生态补水后)	芦苇、盐爪爪、柽柳	赖草、芨芨草、香蒲、甘草、罗布麻、西伯利亚蓼、黑果枸杞、白刺等,沙生草本植物(沙米、五星蒿、盐生草、骆驼蒿、蒙古虫实、碱蓬等)[2-20]	草甸植被	平缓沼泽湿地、草甸地貌[23-26]	30~90

注:1950—2020年数据来源于民勤西沙窝青土湖区观测记录、文献资料及2021年实地观测。

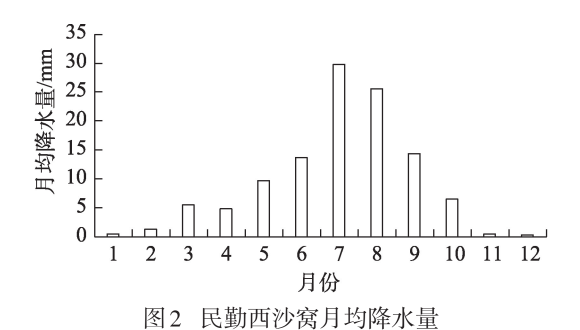


图2 民勤西沙窝月均降水量

Fig. 2 Average monthly rainfall in Xishawo, Minqin

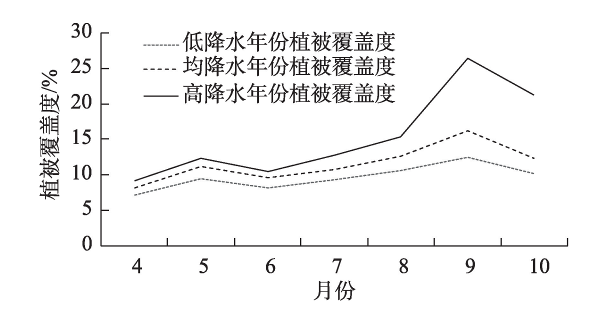


图3 民勤西沙窝不同降水年份下植被覆盖度变化

Fig. 3 Plant coverage in different rainfall years in Xishawo, Minqin

多、数量多、生长量大、沙区植被覆盖度显著增加，而降雨量少的年份则反之，灌木和多年生草本植物也随降水而波动变化，但在荒漠区为相对稳定的植被（图3、表5）。

3.2.2 年际降水波动对沙区植被变化的影响 地处石羊河流域中、下游的民勤，为典型的干旱大陆型气候，降水稀少，过去区域内的生态植被主要靠地表水和地下水生存。20世纪50年代以来，随着地表水消失、地下水位下降，草甸植被退化和消失，代之而发育的为沙旱生植物，到70年代多数沙旱生灌木植被靠地下水生长发育仍较好，但随着地下水位继续下降，根系较浅到较深的沙旱生灌木植物也依次退化，如原来广布的草甸灌木柽柳、盐爪爪、黑果枸杞等已大面积退化和消失[6-7,9,15]，这些植物种群在没有地下水利用，仅靠天然降水难以生存，而一些灌木种群则逐渐形成了干旱生境下的适应机制。经调查发现：沙蒿、沙拐枣、霸王、白刺、红砂、麻黄等过去主要靠地下水生长发育，地下水位下降后陆续

表5 民勤沙井子沙区不同年降水量对植物种类的影响

Tab. 5 The influence to plant species under different precipitation in Minqin Shajingzi desert control station

年份/年	1984年	1985年	1987年	1988年	1989年	1991年	1992年	2020年	2021年
降水量/mm	113.1	144.5	149.5	145.9	74.9	78.5	115.9	75.2	125.4
柽柳 *Tamarix ramosissima*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
白刺 *Nitraria tangutorum*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
梭梭* *Haloxylon ammodendron*		+	+	+					
沙拐枣 *Calligonum mongolicum*			+	+	+	+	+	+	+
沙蒿* *Artemisia sphaerocephalla*	+	+	+	+	+				+
红砂* *Reamuria soongorica*				+			+		+
黄花矶松 *Limonium aureum*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
芦苇 *Phragmites communis*	+	+	+	+	+		+		+
沙地旋复花 *Inula salsoloides*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
芨芨草 *Achnatherum splendens*	+	+	+	+	+		+		
甜甘草 *Glycyrrhiza uralensis*	+	+	+		+		+		
碱蓬 *Suaeda glauca*	+	+	+	+		+	+		+
披针叶黄花 *Thermopsis lanceolata*			+	+	+		+		
沙米 *Agriophyllum pungens*	+	+	+	+	+				+
五星蒿 *Bassia dasyphylla*	+	+	+	+	+		+		+
白茎盐生草 *Halogeton glomeratus*	+	+	+	+			+		+
画眉草 *Eragrostis pilosa*	+		+				+		
刺蓬 *Salsola ruthenica*	+	+	+	+					+
蒙古虫实 *Corispermumhepta mongolicum*	+	+	+	+					+
猪毛菜 *Salsola collina*	+	+	+	+					

注：“+”指观测区有该种，“*”指观测区有该种植物的种子更新苗。1984—2020年数据来源于沙井子沙区观测记录与文献，2021年数据为实地观测。

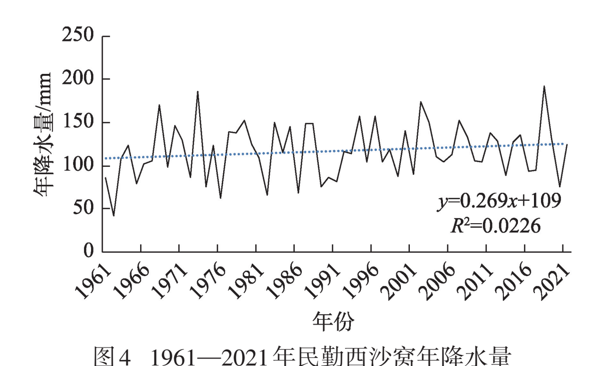


图4　1961—2021年民勤西沙窝年降水量

Fig. 4　Precipitation in1961–2021 in Xishawo, Minqin

退化[27–33]，但也表现出降水较好的年份和次年恢复生长发育，连续几年较好降水促进种群扩大；降水差的年份生物量降低，连续几年低降水后退化明显，甚至衰亡。随着雨养生态面积不断扩大，荒漠植物种群消长随年降水量大小而波动。当年降水量超过140 mm，促进种群生长发育，年降水量越大，生长发育状况越好；100~140 mm维持一般至正常生长；低于100 mm则为退化趋势。近年来，我国西北地区年降水量增加的趋势，将有效促进雨养型灌木植被生长发育（表5、图4）。

3.3　人工固沙造林植被变化特征

石羊河流域中、下游从20世纪60年代中期开始在沙井子沙区进行沙蒿、白刺、马蔺、苦豆子、柽柳等飞播造林，对恢复植被、固定流沙有一定作用，之后在绿洲边缘沙区开展了大规模的梭梭、沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)、柽柳、沙拐枣、柠条锦鸡儿、花棒（*Hedysarum scoparium*）等造林固沙，使流动沙丘得到较好固定，风沙减弱，有效保护了绿洲[3,6–7,9]。但随着植被覆盖度增加，需水增加，地下水位下降，沙地水分失衡，至80—90年代，大面积人工沙枣、沙蒿、梭梭、柽柳林等衰亡，有4.4×10^4 hm^2沙枣人工林死亡，3.5×10^4 hm^2梭梭林衰败，大面积沙蒿、柽柳林衰亡，流沙又起[7]。其中，造林最多的是梭梭，造林株行距1~2 m×1~4 m不等，早期生长良好，中后期衰退和自疏，且密度越大衰亡越严重[34–40]。经长期水分平衡与调查研究得出：雨养条件下民勤沙区人工梭梭承载密度为570株·hm^{-2}，古尔班通古特沙漠天然梭梭林密度为450~500株·hm^{-2}。近年来，民勤沙区2 m×2~3 m品字型2行一带、带间距6 m、8 m低密度梭梭造林，接近自然承载力，其稳定性和持续性增强。梭梭因适应性强、育苗造林成本低、技术成熟、易操作，其梭梭防风固沙林已发展成民勤沙区最大的人工林种群，造林密度大、干旱是梭梭林衰退的主要原因，部分区域林分自疏后天然更新林发育，其高度、冠幅明显小于人工林；同时，荒漠区大面积人工梭梭林的发展也显著影响着天然植被的生长演替。

4　讨论与结论

民勤是我国内陆河流域沙漠化发展的典型地区，西沙窝沙区是民勤沙漠化的历史缩影，特别是60 a来，由于水资源过度开发利用，生态环境发生了显著变化，并随着地表水消失和地下水位下降，沙区植被演替主要经历了：地下水位1~3 m（主要以退化草甸与柽柳群系为主）、3~5 m（柽柳群系、白刺群系）、5~7 m（白刺群系、退化柽柳群系）和7 m以下（白刺群系）4个主要植被演替阶段，植被也从水生、沼生、草甸、中生向沙生、沙旱生和强、超旱生方向演替，大量物种消失，生物多样性显著降低，植被覆盖度持续下降，雨养性加强，形成了生态严重退化与沙漠化快速发展的过程[6–7,12–15,17,20,23]。

随着土壤干旱程度加深，雨养面积不断扩大，降水对沙旱生草本植物影响最大，降水量较大的年份，沙旱生草本植物爆发式增长，植物种类增加，生物量大，植被覆盖度显著增加，降水量小则反之；沙旱生灌木植被相对稳定，年降水量超过140 mm，促进种群生长发育；100~140 mm维持正常生长；低于100 mm则有退化发生。

通过60 a固沙造林，多数人工造林树种已退化，梭梭作为外来树种生态适应性强，已发展成为民勤沙区最大的人工固沙林，造林密度大、干旱是梭梭林退化的主要原因，按植被承载量低密度造林后可持续性增强，并实现了区域性的天然更新发育。

近年来，通过增加民勤生态配水、管井压田、生态用水补给等措施，局部区域地下水位有所上升，形成了一些以湿地为中心的微域性生境，重现过去的草甸草原生态景观，对遏制沙漠化与生态恢复起到了积极作用，而多数沙区的地下水位下降已有减缓，并有上升趋势，但近期内对生态恢复影响有限，沙漠化仍在发展，沙区生态恢复将是一个相对缓慢的过程。

参考文献（References）：

[1]　冯绳武. 民勤绿洲水系的演变[J]. 地理学报, 1963, 29(3): 241–249. [Feng Shengwu. Evolution of water system in Minqin oasis[J]. Journal of Geographical Sciences, 1963, 29(3): 241–249.]

[2]　李并成. 河西走廊历史时期的沙漠化研究[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 1–200. [Li Bingcheng. Research on Desertification in

Hexi Corridor History Age[M]. Beijing: Science Press, 2003: 1-200.]

[3] 陈隆亨, 曲耀光. 河西地区水土资源及其合理开发利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 102-231. [Chen Longheng, Qu Yaoguang. Water and Land Resources in Hexi and Their Rational Development and Utilization[M]. Beijing: Science Press, 1992: 102-231.]

[4] 王涛. 干旱区绿洲化、荒漠化研究的进展与趋势[J]. 中国沙漠, 2009, 29(1): 1-9. [Wang Tao. Review and prospect of research oasification and desertification in arid regions[J]. Journal of Desert Research, 2009, 29(1): 1-9.]

[5] 赵文智, 杨荣, 刘冰, 等. 中国绿洲及其研究进展[J]. 中国沙漠, 2016, 36(1): 1-5. [Zhao Wenzhi, Yang Rong, Liu Bin, et al. Oasis and its research progress in China[J]. Journal of Desert Research, 2016, 36(1): 1-5.]

[6] 满多清, 刘世增, 魏振海, 等. 石羊河中下游流域植被的演替历史[J]. 中国沙漠, 2013, 33(2): 613-618. [Man Duoqing, Liu Shizeng, Wei Zhenhai, et al. The vegetation revolution in the middle and lower reaches of Shiyang River Basin, Gansu, China[J]. Journal of Desert Research, 2013, 33(2): 613-618.]

[7] 常兆丰, 赵明. 民勤荒漠生态研究[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2006: 23-165. [Chang Zhaofeng, Zhao Ming. Desert Ecological Research of Minqin[M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2006: 23-165.]

[8] 陈发虎, 吴薇, 朱艳, 等. 阿拉善高原中全新世干旱事件的湖泊记录研究[J]. 科学通报, 2004, 49(1): 1-9. [Chen Fahu, Wu Wei, Zhu Yang, et al. Lake records of Middle Holocene drought events in Alashan Plateau[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(1): 1-9.]

[9] 杨自辉. 民勤沙井子地区40 a来荒漠植被变迁初探[J]. 中国沙漠, 1999, 22(4): 395-398. [Yang Zihui. Research on desert vegetation change at Shajinazi area in Minqin[J]. Journal of Desert Research, 1999, 22(4): 395-398.]

[10] 李军豪, 陈勇, 杨国靖, 等. 1975—2018年民勤绿洲沙漠化过程及其驱动机制[J]. 中国沙漠, 2021, 41(3): 44-55. [Li Junhao, Chen Yong, Yang Guojing, et al. The process and driving mechanism of desertification in Minqin Oasis in1975-2018[J]. Journal of Desert Research, 2021, 41(3): 44-55.]

[11] 戴文渊, 郭武, 郑志祥, 等. 石羊河流域水生态安全影响因子及驱动机制研究[J]. 干旱区研究, 2022, 39(5): 1555-1563. [Dai Wenyuan, Guo Wu, Zheng Zhixiang, et al. Water ecological security influence factor and driving mechanism research in Shiyang River Basin[J]. Arid Zone Research, 2022, 39(5): 1555-1563.]

[12] 张裕年, 满多清, 韩福贵, 等. 石羊河流域中下游湿地-荒漠芦苇种群生长特征研究[J]. 植物学研究, 2021, 10(1): 19-26. [Zhang Yunian, Man Duoqing, Han Fugui, et al. A research on growth characteristics of *Phragmites australis* population from wetland to desert in middle and lower reaches of Shiyang River watershed area[J]. Botanical Research, 2021, 10(1): 19-26.]

[13] 张佩, 袁国富, 庄伟, 等. 黑河中游荒漠绿洲过渡带多枝柽柳对地下水位变化的生理生态响应与适应[J]. 生态学报, 2011, 31(22): 6677-6687. [Zhang Pei, Yuan Guofu, Zhuang Wei, et al. Ecophysiological response of *Tamarix ramosissima* to changes in groundwater depth in the Heihe River Basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(22): 6677-6687.]

[14] 赵西梅, 夏江宝, 陈为峰, 等. 蒸发条件下潜水埋深对土壤-柽柳水盐分布的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(18): 6074-6080. [Zhao Ximei, Xia Jiangbao, Chen Weifeng, et al. Effect of groundwater depth on the distribution of water and salinity in the soil-*Tamarix chinensis* system under evaporation condition[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(18): 6074-6080.]

[15] 马全林, 王继和, 刘虎俊, 等. 民勤绿洲边缘柽柳荒漠林的时空变化及其驱动因子[J]. 中国沙漠, 2006, 26(5): 802-808. [Ma Quanlin, Wang Jihe, Liu Hujun, et al. Spatio-temporal change and its driving factors of *Tamarix ramosissima* desert shrubland in the edge of Minqin oasis[J]. Journal of Desert Research, 2006, 26(5): 802-808.]

[16] 李丁, 马金珠, 南忠仁. 民勤盆地地下水水位下降特征与可持续利用评价[J]. 中国沙漠, 2004, 24(6): 734-739. [Li Ding, Ma Jinzhu, Nan Zhongren. Characteristics of groundwater level decline and evaluation of sustainable utilization in the Minqin Basin[J]. Journal of Desert Research, 2004, 24(6): 734-739.]

[17] 王月, 李程, 李爱德, 等. 白刺沙堆退化与土壤水分的关系[J]. 生态学报, 2015, 35(5): 1407-1421. [Wang Yue, Li Cheng, Li Aide, et al. The degradation of *Nitraria* dunes and soil water in Minqin oasis[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(5): 1407-1421.]

[18] 张进虎, 唐进年, 李得禄, 等. 民勤荒漠绿洲过渡带灌丛沙堆形态特征及分布格局[J]. 中国沙漠, 2015, 35(5): 1141-1149. [Zhang Jinhu, Tang Jinnian, Li Delu, et al. Morphological characteristics and distribution pattern of shrub dune in Minqin desert-oasis transition zone[J]. Journal of Desert Research, 2015, 35(5): 1141-1149.]

[19] 郎丽丽, 王训明, 哈斯, 等. 灌丛沙丘形成演替及环境指示意义研究的主要进展[J]. 地理学报, 2012, 67(11): 1526-1536. [Lang Lili, Wang Xunming, Ha Si, et al. Coppice dune formation and its significance to environment change reconstructions in arid and sem-arid areas[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(11): 1526-1536.]

[20] 彭飞, 王涛, 刘立超, 等. 民勤绿洲荒漠过渡带白刺灌丛沙堆演化及其空间格局[J]. 中国沙漠, 2012, 32(3): 593-599. [Peng Fei, Wang Tao, Liu Lichao, et al. Evolution and spatial pattern of *Nitraria tangutorum* shrub dune in Minqin oasis-desert transition zone[J]. Journal of Desert Research, 2012, 32(3): 593-599.]

[21] 李新乐, 吴波, 张建平, 等. 白刺沙包浅层土壤水分动态及其对不同降雨量的响应[J]. 生态学报, 2019, 39(15): 5701-5708. [Li Xinle, Wu Bo, Zhang Jianping, et al. Dynamics of shallow soil water content in *Nitraria tangutorum* nebkha and response to rainfall [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(15): 5701-5708.]

[22] 罗维成, 赵文智, 任珩, 等. 不同气候区灌丛沙堆形态及土壤养分积累特征[J]. 中国沙漠, 2021, 41(2): 191-199. [Luo Weicheng, Zhao Wenzhi, Reng Yan, et al. Characteristics of shrub dune mor-

phology and soil nutrient accumulation in different climatic regions [J]. Journal of Desert Research, 2021, 41(2): 191−199.]

[23] 韩福贵, 满多清, 郑庆钟, 等. 青土湖典型湿地白刺灌丛沙堆群落物种多样性及土壤养分变化特征研究[J]. 草业学报, 2021, 30(1): 36−45. [Han Fugui, Man Duoqing, Zheng Qingzhong, et al. Species diversity and soil nutrient changes of a *Nitraria tangutorum* shrub community in Qingtu Lake wetland[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2021, 30(1): 36−45.]

[24] 石万里, 刘淑娟, 刘世增, 等. 人工输水对石羊河下游青土湖区生态环境的影响分析[J]. 生态学报, 2017, 37(18): 5951−5960. [Shi Wanli, Liu Shujuan, Liu Shizeng, et al. Influence analysis of artificial water transfer on the regional ecological environment of Qingtu Lake in the lower reaches of the Shiyang River[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(18): 5951−5960.]

[25] 郭春秀, 安富博, 刘虎俊, 等. 青土湖人工输水区白刺群落结构及土壤特性研究[J]. 水土保持通报, 2019, 39(6): 44−51. [Guo Chunxiu, An Fubo, Liu Hujun, et al. Community structure and soil characteristics of *Nitraria tangutorum* in artificial water transfer area of Qingtu Lake[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(6): 44−51.]

[26] 李梦怡, 邓铭江, 凌红波, 等. 塔里木河下游水生态安全评价及驱动要素分析[J]. 干旱区研究, 2021, 38(1): 39−47. [Li Mengyi, Deng Mingjiang, Ling Hongbo, et al. Evaluation of ecological eater security and analysis of driving factors in the lower Tarim River, China[J]. Arid Zone Research, 2021, 38(1): 39−47.]

[27] 周志宇, 李锋瑞, 陈亚明, 等. 阿拉善荒漠不同密度白沙蒿人工种群生长、繁殖与土壤水分关系[J]. 生态学报, 2004, 24(5): 895−899. [Zhou Zhiyu, Li Fengrui, Chen Yaming, et al. The growth and reproduction and their relationships with soil moisture in artificially established *Artemisia sphaerocephala* population of different densities in the Alxa Desert[J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(5): 895−899.]

[28] 朱妮. 气候气候变化下蒙古沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)适宜生境预测[J]. 中国沙漠, 2019, 39(3): 136−143. [Zhu Ni. Prediction of habitat suitability of *Calligonum Mongolicum* under climate change[J]. Journal of Desert Research, 2019, 39(3): 136−143.]

[29] 张佳宁, 胡小柯, 朱国庆, 等. 民勤绿洲霸王群落的植物多样性[J].草业科学, 2013, 30(11): 1819−1823. [Zhang Jianing, Hu Xiaoke, Zhu Guoqing, et al. Species diversity of *Zygophyllum xanthoxylum* community in Minqin oasis[J]. Pratacultural Science, 2013, 30(11): 1819−1823.]

[30] 李亚, 李得禄, 朱国庆, 等. 民勤荒漠区霸王群落植物生态位研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(1): 120−123. [Li Ya, Li Delu, Zhu Guoqing, et al. Study on the niche of *Zygophyllum xanthoxylum* community in Minqin desert area[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(1): 120−123.]

[31] 何玉惠, 刘新平, 谢忠奎. 红砂灌丛对土壤盐分和养分的富集作用[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(3): 115−119. [He Yuhui, Liu Xinping, Xie Zhongkui. Enrichment of soil salinity and nutrients under desertification shrub *Reamuria soongorica*[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015, 29(3): 115−119.]

[32] 吴明珠. 甘肃省野生麻黄资源调查[D]. 兰州: 兰州大学, 2017. [Wu Mingzhu. Investigation on Wild *Ephedra* Resources in Gansu Province[D]. Lanzhou: Lanzhou Unversity, 2017.]

[33] 周志宇, 吴彩霞, 傅华, 等. 阿拉善飞播区白沙蒿利用率的研究[J]. 草业科学, 2006, 23(8): 12−15. [Zhou Zhiyu, Wu Caixia, Fu Hua, et al. A study on defoliation of *Artemisia sphaerocephala* population sown[J]. Pratacultural Science, 2006, 23(8): 12−15.]

[34] 李君, 赵成义, 朱宏, 等. 柽柳(*Tamarix* spp.)和梭梭(*Haloxylon ammodendron*)的"肥岛"效应[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 5138−5147. [Li Jun, Zhao Chengyi, Zhu Hong, et al. Species effect of *Tamarix* spp. and *Haloxylon ammodendron* on shrub 'fertile island'[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(2): 5138−5147.]

[35] 王继和, 马全林. 民勤绿洲人工梭梭林退化现状、特征与恢复对策[J]. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2107−2112. [Wang Jihe, Ma Quanlin. Study on restoration strategies, characteristics and status of degenerated artificial *Haloxylon ammodendron* communities at the edge of Minqin oasis[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003, 23(12): 2107−2112.]

[36] 赵鹏, 徐先英, 屈建军. 民勤绿洲荒漠过渡带人工梭梭群落与水土因子的关系[J]. 生态学报, 2017, 37(5): 1496−1505. [Zhao Peng, Xu Xianying, Qu Jianjun, et al. Relationships between artificial *Haloxylon ammodendron* communities and soil-water factors in Minqin oasis-desert ecotone[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(5): 1496−1505.]

[37] 席军强, 杨自辉, 郭树江, 等. 不同类型白刺沙丘土壤理化性状与微生物相关性研究[J]. 草业学报, 2015, 24(6): 64−74. [Xi Junqiang, Yang Zihui, Guo Shujiang, et al. The correlation between soil physical and chemical properties and soil microbes in different types of *Nitraria* dune[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2015, 24(6): 64−74.]

[38] 赵鹏, 徐先英, 金红喜, 等. 民勤绿洲荒漠过渡带植物群落数量分类和排序研究[J]. 西北植物学报, 2014, 34(2): 364−371. [Zhao Peng, Xu Xianying, Jin Hongxi, et al. Quantitative classification and ordination analysis on vegetation in the Minqin oasis-desert ecotone[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2014, 34(2): 364−371.]

[39] 李雪宁, 徐先英, 郑桂恒, 等. 石羊河下游人工梭梭林健康评价体系构建及应用研究[J]. 干旱区研究, 2022, 39(3): 872−882. [Li Xuening, Xu Xianying, Zheng Guiheng, et al. A health evaluation of a *Haloxylon ammodendron* plantation in the Shiyang River lower reaches[J]. Arid Zone Research, 2022, 39(3): 872−882.]

[40] 杨慧, 张泽, 张兰, 等. 柠条种子萌发对不同温度和土壤含水量的响应[J]. 干旱区研究, 2022, 39(6): 1875−1884. [Yang Hui, Zhang Ze, Zhang Lan, et al. Responses of seed germination of *Caragana korshinskii* to different temperatures and soil water content[J]. Arid Zone Research, 2022, 39(6): 1875−1884.]

Vegetation change characteristic research of different evolution stages in Minqin Xishawo desert areas

MAN Duoqing[1], LI Delu[1], LIU Mingcheng[2], ZHANG Dekui[1], TANG Jinnian[1], CHEN Fang[1], FU Guiquan[1], YANG Xuemei[1], DING feng[1]

(1. Gansu Desert Control Research Institute, Minqin National Station for Desert Steppe Ecosystem Studies, Gansu Desert Plant Engineering Research Center, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Gansu Endangered Animal Protection Center of National Forestry and Grassland Administration, Wuwei 733000, Gansu, China)

Abstract: Through eco-measurement and research at the Xishawo desert pasture in Minqin for 60 a, it was found that desert vegetation flora has experienced four main stages with ground water-table decline, they were the degraded meadow steppe and *Tamarix* flora, *Tamarix* and *Nitraria* flora, *Nitraria* and degraded *Tamarix* flora, and *Nitraria* flora, the plant diversity and coverage dcreased in the processing, eco-degradation and desertification developed remarkably; with rain-fed area enlargement, desert herbal plants grew when precipitation was higher in the year, the plant diversity and coverage increased, and vice versa; some desert shrubs were relatively stable, its population growth and development improved when precipitation was over 140 mm, 100−140 mm for basic growth, and < 100 mm degraded gradually; most plant species of windbreak and sand-fixation afforestation degraded under drought conditions, *Haloxylon ammodendron* had strong eco-adaptability as an introduced species, it has developed into the biggest man-made windbreak and sand-fixation forest in Minqin desert areas, its big density and drought land were the main reasons for degradation, and sustainability could be increased under low density afforestation according to local plant carry capacity. Recently, with the integrated program implementation in the Shiyang River watershed area, eco-water has been increased, groundwater table has increased in some surroundings, some micro-wetlands have formed, original desert meadow steppe has reoccured, and their ecosystems are developing positively; however, ground water table still reduces slowly in most desert areas, and desertification has developed.

Keywords: Minqin; Xishawo desert area; vegetation; evolution; change characteristics